



## MECANIZACIÓN EN LA COSECHA DE FRAMBUESAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

Ode Leyton, Juan Pablo

Tutores: Valero Ubierna, Constantino; Fredes Monsalve, Claudio

*Departamento de Ingeniería Agroforestal. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid*

*Departamento de Cs. Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Católica del Maule*

j.pablo.ode@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es establecer una aproximación a la mecanización en la cosecha de frambuesas (*Rubus idaeus*) de pequeños agricultores de Chile. Para ello se realizó una revisión bibliográfica de documentos, de los cuales se pudo establecer las dificultades, necesidades y conocimientos necesarios para llevar a cabo este tipo de manejo. La falta de variedades adecuadas y el establecimiento incompatible del cultivo a las exigencias de la mecanización son una de las principales limitantes al momento de implementar esta tecnología. La maquinaria disponible se limita a vibradores y sacudidores por aire forzado, las cuales se pueden regular a las exigencias que se demandan. La madurez poco uniforme de este cultivo hace necesario determinar la fuerza de retención de la fruta, que es la principal variable dentro de la cosecha, y determina el régimen de vibración de las cosechadoras. Una cosecha eficiente es la que obtiene un gran número de frutos maduros con un despreciable porcentaje de frutos verdes recolectados. Para lograr esto, se necesita el continuo mejoramiento dentro de las variedades y las tecnologías de recolección

**Palabras clave:** *Frambuesa, cosecha, mecanización*

### INTRODUCCIÓN

La producción de frambuesa es el rubro más explotado dentro de los berries en Chile por su valor económico y la importancia para el desarrollo de las zonas rurales. Debido a dificultades técnicas y de manejo, la producción del país queda en manos de pequeñas explotaciones que junto a un bajo incentivo gubernamental y privado, dificultan la implementación de tecnologías para realizar labores tan difíciles como es la cosecha y alcanzar niveles superiores de estándares y productividad. El objetivo de este trabajo es establecer las dificultades, necesidades y conocimientos necesarios para una aproximación a la mecanización en la cosecha de frambuesas (*Rubus idaeus*) de pequeños agricultores de Chile.

### SITUACIÓN ACTUAL EN CHILE

Hasta el momento, en Chile no se ha implementado el uso de máquinas cosechadoras para el consumo fresco porque provoca daños en la fruta, haciéndola viable solamente en cultivos con destino a industria, de modo que solo un 3%-5% de la frambuesa se cosecha mecánicamente (Chile Potencia Alimentaria, 2006). Uno de los factores que han impedido una mayor expansión es el predominio de la variedad Heritage, en casi el 80% de los huertos chilenos (Odepa, 2014), la cual tiene problemas de desprendimiento de fruto, y hace muy difícil su cosecha mecanizada. Ocurre lo contrario en EEUU, donde predomina la variedad Meeker, que no presenta este inconveniente. La disponibilidad y valor de la mano de obra hace necesario mirar más de cerca la mecanización en el momento de la cosecha, por lo tanto, es uno de los principales objetivos dentro de la mecanización de berries. Como ejemplo está el caso de la empresa agrícola de Rio Claro S.A. de la comuna de Linares: en un huerto de 14,5 ha se requieren 102 personas para la cosecha manual, o sólo 5 con cosecha mecanizada. Este huerto obtiene un margen por hectárea,



para un rendimiento de 12 ton/ha, de 1.648 US\$ en el caso de efectuar una cosecha mecanizada y de 350 US\$ en el caso de cosecha manual (Chile Potencia Alimentaria, 2006).

El cultivo de la frambuesa en Chile no tiene muchas similitudes a la producción estadounidense. Chile tiene pequeñas operaciones agrícolas, una mayor utilización de fertilizantes, productos agroquímicos, fungicidas, etc. además de vidas más largas en los frambuesos y falta de un registro detallado de los pequeños agricultores y sus operaciones, en contraste a EEUU que ocurre lo contrario. Los agricultores chilenos dependen más de la mano de obra que de la mecanización para completar las operaciones del cultivo y la presencia de máquinas básicas, como tractores, es poco común. Solo en explotaciones medianamente grandes, superiores a las 15 ha es posible encontrar tractores y algún que otro apero para el mantenimiento del huerto (cortadores de maleza, pulverizadores, etc.). Pero en ningún caso existe la presencia de máquinas cosechadoras. Esto se debe a costes de mano de obra bajos (comparado con otros países competidores, como EEUU). Según la Organización Internacional de la Frambuesa, el 98% de la frambuesa se cosecha a mano, y el 2% restante, de forma mecanizada. Este es un reflejo de la presencia dominante de pequeñas granjas en Chile. Es más asequible pagar mano de obra, que invertir en una cosechadora mecánica. Otra barrera hacia la mecanización es el alto costo del combustible (Rabcewicz y Danek, 2010).

Una observación importante es que la decreciente disponibilidad de mano de obra no se ve reflejada en el precio de ésta. Si bien gradualmente va aumentando su precio, aún no logra justificar la inversión de la adquisición de una cosechadora, el costo de mantenimiento y la ociosidad del equipo durante gran parte del año.

### **ASPECTOS GENERALES DE COSECHA MECANIZADA DE FRAMBUESAS**

La cosecha mecanizada tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por tonelada recolectada, pero al ser destructiva, sólo puede ser utilizada en cultivos de maduración concentrada. Como desventajas adicionales se pueden mencionar que toda la operación debe estar diseñada para la cosecha mecánica, empezando por los sistemas de conducción de postes y alambres, distancia entre hileras, nivelación del terreno, pulverizaciones, labores culturales y muy especialmente, variedades que se adapten a una manipulación más ruda (López, 2003).

Dentro del rubro, sobre el 60% de los costos directos de la producción son generados por la cosecha manual. Sin embargo, la cosecha mecanizada de una producción de frambuesas con destino a procesamiento puede llegar a ser rentable. La recolección de frambuesa usando una cosechadora se ve obstaculizada por la necesidad de cosechar varias veces a lo largo de la temporada, por la maduración gradual no uniforme de los frutos. Esto provoca vulnerabilidad a daños mecánicos y cambios en la fuerza de desprendimiento del fruto. Repetidas cosechas a lo largo de un ciclo productivo lleva al rompimiento de los brotes de fructificación de la frambuesa, lo cual provoca bajas en el rendimiento. Esto se suma al incremento del riesgo de infecciones de tipo fúngicas causadas por patógenos que entran por las heridas de los brotes dañados causando una disminución del 30% a 40% de floricanes (cañas productoras de frutos) del año siguiente (Rabcewicz y Danek, 2010).

### **EFICIENCIA DE COSECHA**

La eficiencia de la cosecha mecanizada depende de las fuerzas de desprendimiento de la fruta y la frecuencia de vibración que aplica el agitador sobre ella. Lo ideal es aplicar frecuencias de vibración lo más bajas posibles, para así obtener un buen porcentaje de frutas maduras cosechadas.

El bajo rendimiento en la recolección mecánica se debe a cuatro situaciones: no retirar toda la fruta madura, retirar fruta inmadura, fruta caída al suelo y daños a la fruta y cañas. Si no se retira la fruta madura, no solo se reduce el peso total del fruto maduro



cosechado por pasada de la máquina, sino que también aumenta la propagación de enfermedades fúngicas. La fruta inmadura tiene que ser eliminada de las cosechas destinadas al mercado de fresco y el de IQF, pero una pequeña proporción de ella es aceptable en el procesamiento para pulpas (Smith y Ramsay, 1983).

### CONFIGURACIÓN GENERAL DE COSECHADORAS DE FRAMBUESAS

Como se mencionó, las máquinas cosechadoras son de agitación, por medio de dedos vibradores, o bien, por aire forzado, las cuales aún están en fase de desarrollo. Las que funcionan por apaleamiento disponen de al menos un par de tambores vibradores, montados sobre ejes verticales fijados uno al frente del otro, quedando de esta forma, uno a cada lado de la fila de plantas. Los tambores están equipados con dedos, los cuales penetran en la fila de plantas y están recubiertos de algún material blando, como el caucho. Para la vibración, disponen dentro de los tambores un par de pesos desequilibradores que giran para dar un movimiento oscilatorio de giro que puede variar en amplitud. Al mismo tiempo, los tambores pueden girar libremente por el contacto con las cañas de frambuesa. El material cosechado removido por los tambores agitadores cae en placas de captura, las cuales tienen cepillos ubicados en las porciones inferiores de las cañas, desviando el material hacia ascensores transportadores de caucho en cada uno de los lados de la máquina (Mason, 1985).

### FUERZA DE RETENCIÓN DE LA FRUTA

La fuerza de desprendimiento de los frutos maduros es muy variable, oscilando entre menos de 1N hasta más de 2N de fuerza de desprendimiento para algunas variedades.

**Tabla 1. Ejemplo de fuerza de desprendimiento (FRS) de la variedad Malling Jewel**

Nivel de madurez	FRS
Baja madurez	2,91 N
Ligeramente baja madurez	1,22 N
Madura	0,94 N
Ligeramente sobre madurez	0,66 N
Sobre madura	0,24 N

(Smith y Ramsay, 1983)

Por eso, como anteriormente se mencionó, la calidad de la cosecha mecanizada dependerá tanto de las fuerzas de desprendimiento de la fruta como de la frecuencia de vibración de los dedos agitadores. Es necesario establecer una previa calibración al equipo cosechador, ya que una alta frecuencia lleva a un mayor porcentaje de frutos inmaduros cosechados. Investigaciones demostraron que las fuerzas de desprendimiento de la fruta tienen un impacto significativo en la calidad de cosecha mecánica. Una buena cosecha mecanizada requiere de una baja tasa de frecuencia en los agitadores, una baja fuerza de desprendimiento por parte del fruto, y una marcada diferencia en la fuerza de desprendimiento de un fruto maduro con un fruto verde. Estos valores dependen de la variedad, condiciones agroclimáticas, nutrición y estado de salud de la planta. Se han desarrollado modelos matemáticos de la eliminación mecánica de la fruta basada en un péndulo, que se considera formado por la fruta y las cañas que se agitan de una manera conocida por la cosechadora. Tal análisis calcula la frecuencia y la longitud de trabajo a la cual debe la máquina operar con el fin de suministrar una frecuencia resonante a la fruta o la fuerza suficiente en la fruta para la extracción. Este enfoque ha tenido éxito en el estudio de la recolección mecánica de muchas frutas, por ejemplo, manzanas, duraznos, aceitunas y café.



La fuerza de retención de la fruta (FRS: Fruit retention strength; unidades en Newton) de una frambuesa es la fuerza requerida para tirar de la baya y extraerla de la planta. Existe una relación entre la FRS y la madurez de la fruta. Si la frambuesa se balancea como un péndulo, por la sacudida aportada por los dedos agitadores, los valores típicos de la fuerza que experimentaría se podrían calcular. Un modelo matemático de esto sería un péndulo que comprende una masa  $M$  (en kg), que representa a la frambuesa, y una rígida longitud fija  $L$  (en m), que representa el tallo. Un dedo en un movimiento armónico simple se mueve del extremo del tallo, mientras que la frambuesa se balancea hacia el otro extremo. La equiparación de las fuerzas tangenciales al movimiento se pueden expresar mediante la siguiente ecuación:

$$L - (2\pi f)^2 x \sin(2\pi f t) \cos\theta = -g \sin\theta$$

Donde los dedos vibran a una frecuencia  $f$  (en Hz), con longitud de los mismos de  $x$  (en m),  $\theta$  viene siendo el ángulo (en radianes) que a través de él se mueve el tallo desde su posición de reposo.  $g$  es la aceleración (en m/s<sup>2</sup>) producidas por la gravedad y  $t$  es el tiempo (en s). La fuerza  $F$  (en N) que actúa en la dirección del tallo es la responsable de la eliminación de la fruta. Se puede calcular mediante la siguiente expresión (Smith y Ramsay, 1983):

$$F = M(2\pi f t)^2 x \sin(2\pi f t) - M g \cos\theta$$

## CONCLUSIONES

La producción de frambuesas en Chile, si bien deja muchos beneficios, aún no está totalmente desarrollada. Una correcta implementación de tecnologías puede convertir a la cosecha mecanizada en una opción rentable, pero aún falta mucho que mejorar. Seguir avanzando en la mejora de la eficiencia de cosecha dependerá de la cría de cultivares con pedicelos fuertes para reducir la caída de frutos inmaduros e idear una manera más selectiva de sacudir los frutos para que todas las frambuesas maduras sean retiradas en la cosecha. Además, es importante realizar un trabajo de extensión agrícola para motivar a los agricultores que pretenden mecanizar la cosecha, establecer resistentes sistemas de conducción (postes y alambres), ampliar el espacio para permitir entrada de maquinaria al huerto, así como elegir variedades mejor adaptadas a la cosecha.

## AGRADECIMIENTOS

A los profesor Claudio Fredes M. y Constantino Valero U. por guiarme en el tema, prestándome su ayuda y tiempo, y sobre todo a mi familia, por darme la oportunidad de complementar mis estudios en España.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chile Potencia alimentaria (2006) [en línea]. Disponible en <http://potenciaalimentaria.bligoo.com/content/view/1780/Cosecha-mecanica-de-berries.htm>. Fecha de consulta: viernes, 13 de marzo de 2015.
- López C. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, 151.
- Mason D. T., 1985. J. Agric. Engng Res., 31: 223-230.
- Odepa 2014. [en línea]. Disponible en <http://www.freshplaza.es/article/80831/Chile-Se-prev%C3%A9-una-ca%C3%ADa-de-los-precios-de-la-frambuesa-para-2014>. Fecha de consulta: miércoles, 18 de marzo de 2015.
- Rabcewicz J., Danek J., 2010, Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 18(2): 239-248.
- Smith E. A., Ramsay A. M., 1983, J. Agric. Engng Res., 28: 21-32.